

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia Vigilada Mineducación	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 1 de 7

**FACULTAD INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**BOGOTÁ D.C.**

**LICENCIA CREATIVE COMMONS:**

Atribución	<input type="checkbox"/>	Atribución compartir igual	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial sin derivadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Atribución sin derivadas	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial compartir igual	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial	<input type="checkbox"/>

**AÑO DE ELABORACIÓN:** 2021

**TÍTULO**

Influencia del refuerzo FRP en la estructura de las viviendas de auto - construcción de dos y tres niveles en la ciudad de Bogotá D.C.

**AUTORES**

Sánchez Ardila, Brayan y Rincón González, Miguel Sebastián

**DIRECTOR(ES) / ASESOR(ES)**

Contreras Bejarano, Oscar

**MODALIDAD:** Trabajo de investigación

**PÁGINAS:** 117 **TABLAS:** N/A **CUADROS:** 15 **FIGURAS:** 68 **ANEXOS:** N/A

**CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
3. MARCO DE REFERENCIA
4. ESTADO DEL ARTE
5. OBJETIVOS
6. ALCANCES Y LIMITACIONES
7. METODOLOGÍA
8. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia Vigilada Mineducación	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 2 de 7

9. MATERIALES CONSTITUTIVOS
10. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### DESCRIPCIÓN

Este trabajo compara la resistencia de las viviendas de auto - construcción de la ciudad de Bogotá en la ocurrencia de un sismo, dependiendo de la ubicación, ya que existen 16 diferentes tipos de suelo, en donde se busca determinar el tipo de daño que representan las viviendas de dos y tres niveles, construidas con la estructura convencional y realizando un refuerzo con fibras de polímero (FRP)

### METODOLOGÍA

Inicialmente se investigó acerca de las viviendas informales construidas en la ciudad de Bogotá, con esta información se procede a calcular la resistencia de las viviendas en la posible ocurrencia de un sismo. Se realizan las curvas de capacidad y demanda con los tipos de suelo de la ciudad de Bogotá, con el fin de, encontrar el punto de desempeño en el que se encuentran las estructuras y así poder determinar el tipo de daño al que están expuestas este tipo de viviendas, finalmente, se realiza una comparación con un refuerzo en las viviendas con fibras de polímero (FRP) y se evalúa el nuevo comportamiento de las viviendas.

### PALABRAS CLAVE

FIBRAS DE POLÍMERO REFORZADO (FRP), CONCRETO REFORZADO, CAPACIDAD, DEMANDA, ACERO, MAMPOSTERÍA, CONFINAMIENTO

### CONCLUSIONES

1. El análisis de los aspectos de rigidez durante un periodo de un sismo, indica que el comportamiento del concreto confinado con estribos y concreto confinado con FRP de las estructuras de viviendas de dos y tres niveles de la ciudad de Bogotá son los mismos, a causa de que la energía sísmica se distribuye equitativamente en la estructura y la mampostería durante el sismo.
2. Durante un periodo de terremoto las estructuras de dos y tres niveles con mampostería, tienen el mismo valor de fuerza antes de que lleguen a su límite plástico, pero, obtienen diferentes desplazamientos. Como resultado, la estructura de tres niveles se desplaza más que la estructura de dos niveles con la misma fuerza aplicada sísmicamente.
3. Las viviendas de auto - construcción de dos niveles analizadas sin mampostería, al ser sometidas al mismo periodo de sismo en Bogotá, demostraron que la estructura que tiene concreto confinado con FRP aumentó su resistencia un 1.73% respecto a la estructura de concreto confinado con estribos.
4. Las viviendas de auto - construcción de tres niveles analizadas sin mampostería, al ser sometidas al mismo periodo de sismo en Bogotá, demostraron que la estructura

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia Vigilada Mineducación	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 3 de 7

confinada con FRP aumentó su resistencia un 0.17% respecto a la estructura de concreto confinado con estribos.

5. En las viviendas de auto - construcción de dos niveles analizadas sin mampostería, se evidencia que la estructura que está construida en concreto y está reforzada con FRP, para su primer desplazamiento se presenta con un 90% por encima del desplazamiento de la estructura de concreto confinada con estribos.

6. El nivel de desempeño en las viviendas de dos y tres niveles fue muy bajo, el tipo de daño que se presenta en la ocurrencia de un sismo "es casi colapso" lo que quiere decir que este tipo de viviendas no son seguras, motivo por el cual el daño de la estructura en el momento de un sismo puede llegar a ser fatal, estas viviendas representan un peligro inminente dentro de la sociedad en donde se puede llegar a perder vidas.

7. Debido al daño que se presenta en la estructura sin importar la zona en la que se ubique, la mampostería es la responsable, puesto que es un material frágil con una resistencia a la compresión de 3 MPa, esto quiere decir que el momento de la falla, al tener una ductilidad mucho más baja que el concreto, es la mampostería quien colapsa inicialmente.

8. Es importante mencionar que, el método constructivo de este tipo de viviendas no está calificado, puesto que la distancia entre estribos no permite una estructura confinada, se puede obtener una estructura más rígida con ayuda de estribos más cercanos en el momento de la construcción de columnas y vigas.

---

## FUENTES

---

[1] C. Del Vecchio, M. Di Ludovico, A. Prota, and G. Manfredi, "Modelling beam-column joints and FRP strengthening in the seismic performance assessment of RC existing frames," *Composite Structures*, vol. 142, pp. 107-116, 2016.

[2] S. Valbuena and M. Mena, *Caracterización del sistema constructivo y aspectos generales de la construcción de las viviendas populares en sectores vulnerables de la ciudad de Bogotá D.C.* 2011:

[3] A. Mortezaei, H. R. Ronagh, and A. Kheyroddin, "Seismic evaluation of FRP strengthened RC buildings subjected to near-fault ground motions having ing step," *Composite Structures*, vol. 92, no. 5, pp. 1200-1211, 2010.

[4] F. Riebel and T. Keller, "Structural behavior of multifunctional GFRP joints for concrete structures," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 4, pp. 1620-1627, 2009.

[5] G. Lin and J. G. Teng, "Advanced stress-strain model for FRP-con\_ned concrete in square columns," *Composites Part B: Engineering*, vol. 197, no. May, 2020.

[6] J. B. Mander, M. J. N. Priestley, and R. Park, "Theoretical Stress-Strain Model for

---

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia Vigilada Mineducación	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN</b> <b>EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 4 de 7

Confined Concrete," 1988.

[7] L. Zeng, L. Li, P. Xiao, J. Zeng, and F. Liu, "Experimental study of seismic performance of full-scale basalt FRP-recycled aggregate concrete-steel tubular columns," *Thin-Walled Structures*, vol. 151, no. January 2019, 2020.

[8] J. Li, J. Gong, and L. Wang, "Seismic behavior of corrosion-damaged reinforced concrete columns strengthened using combined carbon fiber-reinforced polymer and steel jacket," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 7, pp. 2653-2663, 2009.

[9] F. Riebel and T. Keller, "Structural behavior of multifunctional GFRP joints for concrete structures," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 4, pp. 1620-1627, 2009.

[10] N. Baghiee, M. Reza Esfahani, and K. Moslem, "Studies on damage and FRP strengthening of reinforced concrete beams by vibration monitoring," *Engineering Structures*, vol. 31, no. 4, pp. 875-893, 2009.

[11] O. Ozcan, B. Binici, and G. Ozcebe, "Seismic strengthening of rectangular reinforced concrete columns using fiber reinforced polymers," *Engineering Structures*, vol. 32, no. 4, pp. 964-973, 2010.

[12] Y. F. Wu, Y. W. Zhou, and X. Q. He, "Performance-based optimal design of compression-yielding FRP-reinforced concrete beams," *Composite Structures*, vol. 93, no. 1, pp. 113-123, 2010.

[13] B. A. Sundaram, K. Kesavan, S. Parivallal, A. K. Ahmed, and K. Ravisankar, "Monitoring of FRP strengthened concrete structures using FBG sensors," *Procedia Engineering*, vol. 14, pp. 1549-1556, 2011.

[14] S. Sasmal, K. Ramanjaneyulu, B. Novak, V. Srinivas, K. Saravana Kumar, C. Korkowski, C. Roehm, N. Lakshmanan, and N. R. Iyer, "Seismic retrofitting of nonductile beam-column sub-assembly using FRP wrapping and steel plate jacketing," *Construction and Building Materials*, vol. 25, no. 1, pp. 175-182, 2011.

[15] C. G. Bailey and M. Yaqub, "Seismic strengthening of shear critical post-tensioned circular concrete columns wrapped with FRP composite jackets," *Composite Structures*, vol. 94, no. 3, pp. 851-864, 2012.

[16] G. Promis and E. Ferrier, "Performance indices to assess the efficiency of external FRP retrofitting of reinforced concrete short columns for seismic strengthening," *Construction and Building Materials*, vol. 26, no. 1, pp. 32-40, 2012.

[17] A. H. Muntasir Billah and M. Shahria Alam, "Seismic performance of concrete columns reinforced with hybrid shape memory alloy (SMA) and fiber reinforced polymer (FRP) bars," *Construction and Building Materials*, vol. 28, no. 1, pp. 730-742, 2012.

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small>	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 5 de 7

[18] M. A. Colalillo and S. A. Sheikh, "Seismic retrofit of shear-critical reinforced concrete beams using CFRP," Construction and Building Materials, vol. 32, pp. 99-109, 2012.

[19] A. Eslami and H. R. Ronagh, "Effect of FRP wrapping in seismic performance of RC buildings with and without special detailing - A case study," Composites Part B: Engineering, vol. 45, no. 1, pp. 1265-1274, 2013.

[20] I. Iovinella, A. Prota, and C. Mazzotti, "Influence of surface roughness on the bond of FRP laminates to concrete," Construction and Building Materials, vol. 40, pp. 533-542, 2013.

[21] K. S. Youm, J. young Cho, Y. H. Lee, and J. J. Kim, "Seismic performance of modular columns made of concrete filled FRP tubes," Engineering Structures, vol. 57, pp. 37-50, 2013.

[22] S. W. Choi, Y. Kim, and H. S. Park, "Multi-objective seismic retrofit method for using FRP jackets in shear-critical reinforced concrete frames," Composites Part B: Engineering, vol. 56, pp. 207-216, 2014.

[23] V. V. Cao and H. R. Ronagh, "Reducing the seismic damage of reinforced concrete frames using FRP con\_nement," Composite Structures, vol. 118, no. 1, pp. 403-415, 2014.

[24] P. F. Estrada Duque, "CARÁCTERÍSTICAS Y PROBLEMAS DE LA VIVIENDA INFORMAL EN BOGOTÁ."

[25] D. Gomez Navas and A. Serna Dimas, "PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE CIUDAD Y VIVIENDA INFORMAL. EL CASO DE LAS BARRIADAS INFORMALES DE LOS CERROS ORIENTALES DE BOGOTÁ, COLOMBIA," 2016.

[26] H. Carvajalino, "Estética de lo popular: los engalles de la casa," Serie Ciudad y Habitat N°11, no. 11, pp. 103-123, 2004.

[27] E. Sobre and P. Urbanos, "Estudios sobre pobladores Urbanos En Colombia," pp. 131-146.

[28] C. Del Vecchio, M. Di Ludovico, A. Prota, and G. Manfredi, "Modelling beam-column joints and FRP strengthening in the seismic performance assessment of RC existing frames," Composite Structures, vol. 142, pp. 107-116, 2016.

[29] A. Atc, "40, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings," 1996.

[30] I. constructivas, "Concreto como Material de Construcción," 2016.

[31] MAPEI, "FRP y FRG System: los sistemas para el refuerzo y la adecuación estática de las estructuras Mapei FRP System,"

[32] BID, "Vivienda progresiva como solución: tres principios básicos," 2016.

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia Vigilada Mineducación	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 6 de 7

[33] D. Principal, I. Presupuestario, G. Operacionales, B. D. Capital, A. Paterno, and A. Materno, "Universidad Austral de Chile," pp. 1-35, 2006.

[34] Eliud Hernández, "¿Qué implica el uso de un espectro de diseño inelástico?," 2018.

[35] Estructuras, "HORMIGÓN CONFINADO," 2013.

[36] A. PINO, "Diagrama esfuerzo-deformación," 2015.

[37] A. G. J. Ignacio Valverde, Manuel Navarro, "Microzonificación Sísmica y Efectos de Sitio."

[38] r. y. Minerales, "mampostería."

[39] E. alberto bohorquez Ramirez; "PUNTO DE DESEMPEÑO," 2016.

[40] F. Yuan, M. Chen, and J. Pan, "Experimental study on seismic behaviours of hybrid FRP-steel-reinforced ECC-concrete composite columns," Composites Part B: Engineering, vol. 176, no. June, 2019.

[41] K. Allam, A. S. Mosallam, and M. A. Salama, "Experimental evaluation of seismic performance of interior RC beam-column joints strengthened with FRP composites," Engineering Structures, vol. 196, no. June, 2019.

[42] A. Zafar and B. Andrawes, "Seismic behavior of SMA-FRP reinforced concrete frames under sequential seismic hazard," Engineering Structures, vol. 98, pp. 163-173, 2015.

[43] M. U. Saleem, M. Numada, M. N. Amin, and K. Meguro, "Seismic response of PPband and FRP retrofitted house models under shake table testing," Construction and Building Materials, vol. 111, pp. 298-316, 2016.

[44] T. A. Hales, C. P. Pantelides, and L. D. Reaveley, "Analytical buckling model for slender FRP-reinforced concrete columns," Composite Structures, vol. 176, pp. 33-42, 2017.

[45] S. W. Choi, "Investigation on the seismic retrofit positions of FRP jackets for RC frames using multi-objective optimization," Composites Part B: Engineering, vol. 123, pp. 34-44, 2017.

[46] A. Seifi, A. Hosseini, M. S. Marefat, and M. S. Zareian, "Improving seismic performance of old-type RC frames using NSM technique and FRP jackets," Engineering Structures, vol. 147, pp. 705-723, 2017.

[47] T. M. Pham, X. Zhang, M. Elchalakani, A. Karrech, H. Hao, and A. Ryan, "Dynamic response of rubberized concrete columns with and without FRP confinement subjected to lateral impact," Construction and Building Materials, vol. 186, pp. 207-218, 2018.

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia Vigilada Mineducación	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	<b>Código:</b> F-010-GB-008
		<b>Emisión:</b> 26-06-2020
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Página</b> 7 de 7

[48] A. Rolland, M. Quiertant, A. Khadour, S. Chataigner, K. Benzarti, and P. Argoul, "Experimental investigations on the bond behavior between concrete and FRP reinforcing bars," Construction and Building Materials, vol. 173, pp. 136-148, 2018.

[49] J. Shin, J. S. Jeon, and J. H. Kim, "Mainshock-aftershock response analyses of FRP-jacketed columns in existing RC building frames," Engineering Structures, vol. 165, no. May 2016, pp. 315-330, 2018.

[50] N. Attari, Y. S. Youcef, and S. Amziane, "Seismic performance of reinforced concrete beam-column joint strengthening by frp sheets," Structures, vol. 20, no. December 2018, pp. 353-364, 2019.

[51] F. Yu, S. Bu, D. Li, C. Feng, and Y. Fang, "Experimental investigation and theoretical study on bearing capacity of strong PVC-FRP confined concrete column-weak joint strengthened with core steel tube under axial loading," Construction and Building Materials, vol. 271, 2021.

[52] "Apuntes Ingeniería Civil," 2013.

[53] M. F. Guzmán Miranda, "Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la norma ASTM E-8", " Repo.Uta.Edu.Ec, p. 265, 2012.

[54] G. K. Al-Chaar and G. E. Lamb, "Design of Fiber-Reinforced Polymer Materials for Seismic Rehabilitation of Infilled Concrete Structures," Engineer Research and Development Center Champaign Il Construction Engineering Research Lab, no. December, p. 83, 2002.

[55] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "Titulo A - Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente," Nsr-10, vol. Titulo A, pp. 1-174, 2010.

[56] T. K. Sipos, M. Hadzima-Nyarko, I. Milicevic, and ..., "Structural performance levels for masonry infilled frames," 16th European . . . , no. June, 2018.

---

#### **LISTA DE ANEXOS**

---

N/A.

---